



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú, Decana de América

Facultad de Medicina Veterinaria

Escuela Profesional de Medicina Veterinaria

Evaluación del crecimiento compensatorio en el cuy (*Cavia porcellus*)

TESIS

Para optar el Título Profesional de Médico Veterinario

AUTOR

Luz Patricia Celeste FLORES VELASCO

ASESOR

Juan Pavel OLAZABAL LOAIZA

Lima, Perú

2021



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Flores, L. (2021). *Evaluación del crecimiento compensatorio en el cuy (Cavia porcellus)*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Medicina Veterinaria, Escuela Profesional de Medicina Veterinaria]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Hoja de metadatos complementarios

Código ORCID del autor	
Código ORCID del asesor	https://orcid.org/0000-0003-2389-3967
Autor DNI	72028981
Asesor DNI	20050845
Grupo de investigación	Grupo de Investigación en Ganadería Altoandina Sustentable
Financiamiento	UNMSM – Vicerrectorado de Investigación y postgrado
Ubicación geográfica donde se desarrolló la investigación	La estación está localizada a 3727 msnm y a 14°21'11.4" S 71°09'56.9" W, en el distrito de Marangani, provincia de Canchis, departamento del Cusco.
Año o rango de años que la investigación abarcó.	2019
Disciplinas OCDE	http://purl.org/pe-repo/ocde/ford#4.03.01



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS EN MODALIDAD VIRTUAL
PARA OPTAR EL TÍTULO DE MEDICA VETERINARIA
Autorizado por R.D N° 304-D-FMV-2020**

1. FECHA DE LA SUSTENTACIÓN 05/05/2021

HORA INICIO: 12:00 horas

HORA TÉRMINO:...

2. MIEMBROS DEL JURADO

PRESIDENTE: **PhD. Ing. Miguel Angel Ara Gómez**

MIEMBRO: **MVZ. José Manuel Angulo Tisoc**

MIEMBRO: **MV. Mg. Fernando Demetrio Carcelén Cáceres**

ASESOR: **Ing. Mg. Juan Pavel Olazabal Loaiza**

3. DATOS DEL TESISISTA

APELLIDOS Y NOMBRES: **FLORES VELASCO, LUZ PATRICIA CELESTE**

CÓDIGO: **13080024**

R.R. DE GRADO DE TESISISTA NÚMERO: **N° 013899-2020-R-UNMSM**

TÍTULO DE LA TESIS: **"EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO COMPENSATORIO EN EL CUY (*Cavia porcellus*)"**

4. RECOMENDACIONES

--

Datos de la plataforma virtual institucional del acto de sustentación:

https:

ID:

Grabación archivada en:

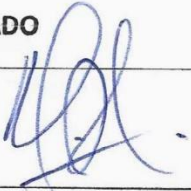
5. NOTA OBTENIDA: (16), DIECISÉIS


6. PÚBLICO ASISTENTE: (Nombre, apellido y DNI)

TESISTA	1	Luz Patricia Flores		luz.flores@unmsm.edu.pe
---------	---	---------------------	--	-------------------------

JURADO	2	Miguel Ara Gómez	-	marag@unmsm.edu.pe
	3	Juan Olazabal Loayza	20050845	jolazaball@unmsm.edu.pe
	4	José Manuel Angulo Tisoc	44081403	jangulot@unmsm.edu.pe
	5	Fernando Carcelén Cáceres	-	fcarcelenc@unmsm.edu.pe
MODERADOR	7	Luis Cerro Temoche	41341572	lcerrot@unmsm.edu.pe
COMITÉ DE SUSTENTACIONES	8	Víctor Hugo Castillo Doloriert	08703624	vcastillod@unmsm.edu.pe
	9	Faride Altamirano Zevallos	43695598	faltamiranoz@unmsm.edu.pe
INVITADOS POR EL TESISISTA	10	Hiroshi Eduardo Farro	76283541	hiroshi.farro@unmsm.edu.pe
	11	Alberto Sidney Crespo Paiva	07764981	crespopaiva@gmail.com
	12	Sol Esperanza Bujaico	48288394	sol.bujaico@gmail.com
	13	Jimny Nuñez Delgado	44411070	jnunezd@unmsm.edu.pe
SOLICITUD DE ASISTENCIA ESTUDIANTES	14	Susana Jackelyn Roldán	72557781	susana.roldan@unmsm.edu.pe
	15	Jhonathan Arturo Bazalar	45165351	05080060@unmsm.edu.pe
	16	Jazmín Melanie Fanning	75132425	jazmin.fanning@unmsm.edu.pe
	17	Dayana Amparo Castilla	44066664	dayana.castilla@unmsm.edu.pe
	18	Madeline Victoria García	41562864	madeline.garcia@unmsm.edu.pe

7. FIRMAS DE LOS MIEMBROS DEL JURADO

Firma	
PhD. Ing. Ara Gómez Miguel Angel	
Apellidos y Nombres	
PRESIDENTE	

Firma  <small>Firmado digitalmente por OLAZABAL LOAIZA Juan Pavel FAU 20148092282 soft Motivo: Soy el autor del documento Fecha: 20.05.2021 12:53:08 -05:00</small>	Firma 	Firma  <small>Firmado digitalmente por CARCELÉN CACERES Fernando Demetrio FAU 20148092282 soft Motivo: Soy el autor del documento Fecha: 20.05.2021 11:54:32 -05:00</small>
Ing. Mg. Olazabal Loaiza Juan Pavel	MVZ. Angulo Tisoc José Manuel	MV. Mg. Carcelén Cáceres Fernando Demetrio
Apellidos y Nombres	Apellidos y Nombres	Apellidos y Nombres
ASESORA DE LA TESIS	MIEMBRO JURADO	MIEMBRO JURADO

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a Dios quien es el que guía mis pasos y me da fortaleza en mis momentos difíciles.

A mi mamá Luz, por estar siempre a mi lado brindándome su amor y apoyo incondicional. No estaría aquí si no fuera por ella.

A mi tía Anita, mis padrinos Patricia y Eber y a mis abuelos Ubaldina y Carlos, que siempre me alentaron en mis años de estudiante.

A la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, en especial a la Facultad de Medicina Veterinaria por haberme acogido durante todos los años de mi formación para llegar a ser un Médico Veterinario.

A la estación experimental IVITA - Marangani por brindarme todos los recursos y herramientas que fueron necesarios para llevar a cabo este proceso de investigación.

A mi asesor el Ing. Juan Pavel Olazabal y al Dr. José Angulo Tisoc, quienes con sus conocimientos, paciencia y apoyo me guiaron a través de cada una de las etapas de este proyecto.

A los trabajadores del IVITA-Marangani: los señores Acero, Víctor y Presentación, quienes a diario me ayudaron con la alimentación y manejo de los cuyes.

A mis amigos Sol, Andrew, Hiroshi, Estefany, Guillermo, Amilquer, Liz y Steven por su amistad sincera y los bonitos momentos que compartimos juntos durante nuestra carrera universitaria, siempre tendrán un lugar especial en mi corazón.

Finalmente agradecer a los doctores Gian Marco Panesi y Alberto Crespo quienes me alentaron para culminar este trabajo.

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
LISTA DE CUADROS.....	3
1. INTRODUCCION.....	4
2. REVISION BIBLIOGRÁFICA.....	6
2.1. Crecimiento compensatorio.....	6
2.1.1. Índice de recuperación.....	7
2.2. Factores que afectan el crecimiento compensatorio.....	7
2.2.1. Edad.....	8
2.2.2. Duración y severidad de la restricción alimenticia.....	8
2.3. Factores asociados a la fase compensatoria.....	9
2.3.1. Disminución de los requerimientos de mantenimiento.....	9
2.3.2. Incremento del consumo de alimento.....	10
2.3.3. Alta eficiencia de utilización de los alimentos.....	11
2.3.4. Cambios en el estatus endocrino.....	11
2.3.5. Cambios en la composición corporal.....	12
2.4. Características nutricionales del cuy.....	13
2.4.1. Anatomía y fisiología digestiva.....	13
2.4.2. Requerimientos nutricionales.....	14
2.4.3. Sistemas de alimentación.....	15
2.4.4. Eficiencia de cuy para extraer nutrientes de los alimentos.....	17
2.4.5. Parámetros productivos.....	18
3. MATERIALES Y METODOS.....	21
3.1. Área de estudio y periodo de duración.....	21
3.2. Material experimental.....	21
3.3. Diseño experimental.....	22
3.4. Variables evaluadas.....	23
3.4.1. Ganancia de peso.....	24
3.4.2. Consumo de alimento.....	23

3.4.3. Conversión alimenticia.....	23
3.4.4. Índice de recuperación.....	23
3.5. Análisis estadístico.....	24
4. RESULTADOS.....	25
4.1. Ganancia de peso.....	25
4.2. Consumo de alimento.....	26
4.3. Conversión alimenticia.....	27
4.4. Índice de recuperación.....	28
5. DISCUSIÓN.....	29
6. CONCLUSIONES.....	32
7. BIBLIOGRAFÍA.....	33

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la respuesta compensatoria en cuyes machos de engorde, medido en términos de ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia e índice de recuperación. El trabajo se realizó en el IVITA Maranganí, se emplearon 40 cuyes machos, recién destetados que fueron alojados en jaulas individuales. Los animales fueron distribuidos de forma aleatoria en dos grupos de 20 cuyes cada uno. El estudio consistió en dos fases, la primera tuvo una duración de 21 días y la segunda 28 días. Durante la primera fase, los animales del tratamiento I recibieron una cantidad restringida de alimento mientras que los del tratamiento II fueron alimentados *ad libitum*. Durante la segunda fase, ambos grupos recibieron alimentación *ad libitum*. Se evaluó ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia a través de la prueba de t de student e índice de recuperación. Durante la fase de alimentación *ad libitum* los animales restringidos presentaron mayores ($P \leq 0.05$) ganancias de peso, consumo de alimento y menor ($P \leq 0.05$) conversión alimenticia, el índice de recuperación fue de 33.48 %. Se concluye que los cuyes presentaron crecimiento compensatorio, siendo este parcial.

Palabras clave: cuy, crecimiento compensatorio, restricción alimenticia, consumo, ganancia, conversión alimenticia, índice de recuperación

ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the compensatory response in fattening male guinea pigs, measured in terms of weight gain, feed consumption, feed conversion and recovery rate. The work was carried out in the IVITA Marangani, 40 male guinea pigs were used, recently weaned, which were housed in individual cages. The animals were randomly distributed into two groups of 20 guinea pigs each. The study consisted of two phases, the first lasted 21 days and the second 28 days. During the first phase, animals in treatment I received a restricted amount of feed while those in treatment II were fed *ad libitum*. During the second phase, both groups received *ad libitum* feeding. Weight gain, feed consumption, feed conversion were evaluated through the student's t test and the recovery index. During the *ad libitum* feeding phase, the restricted animals presented higher ($P \leq 0.05$) weight gains, feed consumption and lower ($P \leq 0.05$) feed conversion, the recovery rate was 33.48%. It is concluded that the guinea pigs presented compensatory growth, this being partial.

Keywords: guinea pig, compensatory growth, feed restriction, consumption, gain, feed conversion, recovery rate

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Requerimientos nutricionales para cuyes en crecimiento	15
Cuadro 2. Composición química del alimento utilizado	23
Cuadro 3. Peso vivo (g) de cuyes restringidos y <i>ad libitum</i> al inicio del experimento, final de la restricción y final del experimento.	25
Cuadro 4. Rango de crecimiento (g/d) de cuyes restringidos y control durante la etapa compensatoria.	26
Cuadro 5. Consumo diario de alimento ($\text{g/kg}^{0.75}$) de cuyes restringidos y control durante la etapa compensatoria	27
Cuadro 6. Conversión alimenticia de cuyes restringidos y control durante la fase compensatoria	27

I. INTRODUCCIÓN

La crianza de cuyes viene tomando importancia en los últimos años en el Perú, siendo nuestro país el mayor exportador de carne de cuy con una participación del 71.3% en el mercado exterior. Entre 1994 y 2018 las exportaciones de carne de cuy fueron elevadas siendo la mayor en el 2014 con 23 toneladas y con EE. UU como el mercado principal para las exportaciones (99.9%) (MINAGRI, 2019). Para mantener esta producción se vienen generando nuevas tecnologías que permiten el crecimiento de esta industria, principalmente en áreas como nutrición y alimentación, reproducción, mejoramiento genético, manejo y producción (Solari, 2010).

Al analizar los costos de producción del cuy, la alimentación representa más del 70 %, siendo uno de los factores más importantes para el sistema productivo (Solari, 2010). En este contexto, el crecimiento compensatorio (CC) es un proceso fisiológico por el cual un organismo acelera su tasa de crecimiento después de un periodo de desarrollo restringido debido a la reducción del consumo de alimento (Hornick *et al.*, 2000), obteniendo ganancias de peso más rápidas y como consecuencia llegan igual o antes al peso de faena que otros animales que se han desarrollado sin restricción, utilizando menor cantidad de alimento y por lo tanto los costos de alimentación son menores al final de la producción (Bavera *et al.*, 2005).

El CC ha sido estudiado desde hace muchos años en bovinos, ovinos, pollos y alpacas, utilizándose como estrategia para reducir costos de producción (Ryan *et al.*, 1993; Tolla *et al.*, 2002; Drouillard *et al.*, 1991b; Yambayamba *et al.*, 1996; Drouillard *et al.*, 1991a

Cuellar y Mora, 1997; Olazabal *et al.*, 2009), sin embargo, en cuyes no existe ningún estudio sobre CC, donde podría ser utilizada como una oportunidad para el sistema productivo.

En la crianza de cuyes, la alimentación representa una importante inversión, por lo que utilizar el CC podría disminuir el costo de producción y hacer más eficiente este sistema de crianza. Por estas consideraciones, se diseñó el presente estudio con el objetivo de evaluar la respuesta compensatoria en cuyes machos de engorde sometidos a restricción alimentaria, medido en términos de ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia e índice de recuperación.

II. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1. CRECIMIENTO COMPENSATORIO

El crecimiento compensatorio (CC) es un proceso fisiológico por el cual un organismo acelera su tasa de crecimiento después de un tiempo de desarrollo restringido producto de una restricción alimentaria (Hornick *et al.*, 2000), estos animales logran ganancias de peso más rápidas y como consecuencia pueden llegar igual o antes al peso de beneficio que otros animales sin restricción, además son los que tienen la más alta eficiencia de transformación del alimento en peso vivo durante la etapa de compensación (Bavera *et al.*, 2005).

Los animales reciben aportes energéticos y proteicos con el consumo de alimento, un gran porcentaje de estos son utilizados para cubrir las necesidades de mantenimiento y representan, en un animal en crecimiento-engorde, el 50 al 60 % de las necesidades totales. Durante la restricción, los tejidos más activos reaccionan metabólicamente más rápido que otros, reduciendo de forma considerable su peso y tamaño. El hígado y el aparato digestivo son los primeros en reaccionar frente a esta situación disminuyendo considerablemente su actividad metabólica, dando lugar a la reserva de energía para la supervivencia del animal (Manso *et al.*, 1995).

La deposición de grasa es más afectada que la proteína adelgazando el cuerpo, asimismo el tejido adiposo y el hígado liberan ácidos grasos libres y cuerpos cetónicos que son utilizados por los músculos como sustrato de energía. Cuando cesa la restricción de alimento, las necesidades de mantenimiento están reducidas y por tanto la energía que se

puede destinar al crecimiento es mayor, lo que podría traducirse en mayores aumentos de peso y en la manifestación del CC (Ryan, 1990).

El CC también ha sido atribuido a un aumento en la eficiencia con que los animales utilizan los nutrientes, cuando los animales restringidos son sometidos a una dieta de alta calidad el tracto digestivo e hígado incrementan su tamaño y su habilidad para absorber más nutrientes, esta eficiencia se da en los primeros momentos de la curva del CC (Ryan, 1990).

El CC ha sido estudiado generalmente en diversos animales explotados bajo confinamiento y responden de varias maneras después de la restricción nutricional, pueden tener una compensación completa cuando los animales restringidos alcanzan o superan el peso de sus contemporáneos que no han sido restringidos, en la compensación parcial los animales restringidos aumentan su tasa de crecimiento pero no logran alcanzar el mismo peso que los animales no restringidos y cuando se observa que los animales con restricción no incrementan su tasa de crecimiento entonces no hay compensación. (Ryan *et al.*, 1993). Sin embargo, otro autor presenta un índice para determinar la respuesta del crecimiento compensatorio conocida como índice de recuperación.

2.1.1. Índice de recuperación

La respuesta al CC en las diferentes especies evaluadas es variable, esta respuesta puede cuantificarse a través del índice de recuperación, este índice expresa la relación entre la diferencia en la variación del peso al final del periodo de restricción y al final del periodo compensatorio expresado en porcentaje (Wilson y Osbourn, 1960).

Este índice de recuperación solo se puede usar para comparaciones dentro del mismo estudio, ya que la tasa de ganancia de los grupos de control va a variar de un experimento a otro; se menciona también que la tasa de peso vivo de los controles, la severidad y duración del periodo de restricción son factores determinantes en el índice de recuperación por lo tanto el porcentaje disminuye a medida que aumentan en gravedad estos factores (Wilson y Osbourn, 1960).

2.2. FACTORES QUE AFECTAN EL CRECIMIENTO COMPENSATORIO

2.2.1. Edad

Uno de los factores que mayor influencia tiene sobre el CC es la edad que el animal tiene cuando es sometido a la restricción alimentaria, siendo tan importante como la severidad de la restricción, ya que realizado en etapas tempranas de crecimiento es más perjudicial que en las tardías (Wilson y Osbourn, 1960). La máxima susceptibilidad se produce cuando la restricción ocurre alrededor del nacimiento, generando daños severos en el desarrollo del tejido óseo y nervioso (Ojeda *et al.*, 2015) ocasionando así que durante la realimentación el organismo no alcance el peso y desarrollo del adulto normal (Bavera *et al.*, 2005).

Se menciona que vacunos menores de tres meses de edad no muestran CC cuando son sometidos a restricción nutricional y pueden sufrir de retraso de crecimiento (Ryan, 1990) asimismo, en terneros sometidos a restricción durante la lactancia tardaron de 14 a 18 meses para compensar el 80% de su retraso de crecimiento mientras que los terneros restringidos después del destete solo necesitaron de 4 a 7 meses en manifestar el mismo grado de compensación (Berge, 1991). Por otro lado, animales cercanos a su peso adulto puestos en restricción alimenticia difícilmente desarrollan CC completo debido a que en esta fase el animal deposita tejido graso en vez de tejido muscular (Alves, 2003).

2.2.2. Duración y severidad de la restricción alimenticia

La severidad y duración de la restricción son dos factores importantes que son difíciles de separar y evaluar de manera independiente. La información disponible menciona que cuanto mayor sea la severidad de la restricción en la cantidad de nutrientes el animal tendrá mayor pérdida de peso durante la restricción, siendo menor el peso inicial del animal en la fase de compensación y por lo tanto mayor la ganancia de peso luego de la realimentación (Wilson y Osbourn, 1960). De igual forma cuanto más tiempo dure la restricción nutritiva la tasa de ganancia compensatoria se incrementan (Ryan, 1990).

Por el contrario, otros autores enuncian que el CC es completo cuando el periodo de restricción es corto o medio y que la capacidad de recuperarse disminuye cuando aumenta la severidad y duración de la restricción (Fox *et al.*, 1972). Por lo tanto, la recuperación en

el animal restringido es mayor cuando pierde peso en un periodo corto en comparación con la misma pérdida de peso, pero en un periodo largo (Nicol y Kitessa, 1995).

A pesar de estas afirmaciones existen una variedad de respuestas, un estudio mostró mejor compensación en becerros sometidos a periodos largos de restricción que en los que fueron sometidos a periodos cortos (Drouillard *et al.*, 1991a), a diferencia de otro estudio en vacunos con pesos alrededor de los 303 kg, donde se mostró que tiempos de restricción mayores a 115 días generaba menores ganancias diarias de peso (Hornick *et al.*, 1998).

El grado de restricción se clasifica en tres formas; restricción severa cuando existe una marcada pérdida del peso vivo; la restricción de mantenimiento cuando el peso vivo se mantiene constante y restricción moderada cuando existe pequeños incrementos de peso sin ser significativos (Wilson y Osbourn, 1960).

2.3. FACTORES ASOCIADOS A LA FASE COMPENSATORIA

Existen dos teorías que explican el fenómeno del CC; la primera en donde el CC es un intento del organismo por restaurar el tamaño corporal con la edad cronológica del animal, el sistema nervioso central a través de respuestas hormonales induciría una acelerada tasa de crecimiento después de la restricción (Wilson y Osbourn, 1960). Sin embargo, ello no es del todo claro, puesto que la segunda teoría menciona un mecanismo llamado “control periférico”, donde los tejidos controlarían el tamaño del cuerpo a través del número total de células (Zubair, 1994).

A estas teorías se van a asociar algunos factores que a continuación detallamos:

2.3.1. Disminución de los requerimientos de mantenimiento

La mayor parte de los aportes energéticos y proteicos que reciben los animales con la alimentación son utilizados para cubrir las necesidades de mantenimiento y representan en un animal en crecimiento o engorde el 60% de las necesidades totales (Manso *et al.*, 1995). Los órganos internos del cuerpo como el hígado, riñones y el tracto digestivo son responsables del 40 % de la energía en ayunas de un animal (Koong *et al.*, 1985). Asimismo,

existe una relación directa entre el tamaño de los órganos y las necesidades de mantenimiento (Alves, 2003).

Cuando los animales son sometidos a restricciones nutritivas, estas necesidades de mantenimiento se reducen y los tejidos metabólicamente activos como el hígado y órganos del tracto digestivo disminuyen de tamaño debido a la reducción de la disponibilidad de energía y proteína, de esta manera aumentan sus probabilidades de supervivencia a estos periodos de reducción alimentaria. Cuando cesa la restricción de alimento, las necesidades de mantenimiento reducidas persisten durante la etapa de realimentación hasta que se restablezca los niveles de energía y proteína, por ello la energía que se destina al crecimiento es mayor, lo que podría traducirse en incrementos mayores del peso (Ryan, 1990; Manso *et al.*, 1995). Además, el tracto gastrointestinal y el hígado en los vacunos tardan entre 70 y 90 días en alcanzar pesos y tamaños normales una vez terminada la restricción nutricional (Ryan, 1990).

2.3.2. Incremento del consumo de alimento

Durante la fase compensatoria el consumo de alimento se incrementa en los animales restringidos pero dicha respuesta es variable durante las tres o cuatro semanas posteriores al periodo de restricción (Alves, 2003). Se menciona que en los rumiantes el consumo se incrementa durante el primer mes de la fase de realimentación y sería el principal responsable del CC (Santra y Pathak, 1999).

Un estudio en vacas y ovejas sometidas a restricción mostraron aumento del consumo durante la realimentación. en cambio, otro estudio de novillos, a pesar de que manifestaron altas tasas de crecimiento, no mostraron cambios en el consumo (Ryan *et al.*, 1993; Carstens *et al.*, 1991). Es posible que la diferencia en respuesta tenga relación con la severidad de la restricción, es así como en alpacas sometidas a una restricción alta mostraron mayores aumentos en el consumo en comparación con las sometidas a restricción moderada y media (Olazábal, 2006).

Se menciona que el consumo de alimento en ganado disminuyo conforme aumentaban de peso corporal, el ganado restringido tuvo una mayor ingesta que los controles durante 140

días, las ovejas mostraron una tendencia similar al ganado y mantuvieron una mayor ingesta durante 35 días (Ryan *et al.*, 1993)

El incremento del consumo se debería a que durante la restricción alimentaria el tejido adiposo se reduce considerablemente de tamaño, generando mayor espacio en la cavidad abdominal y menor presión sobre estos órganos por lo que el consumo será mucho mayor (Kamalzadeh *et al.*, 1997). Otro estudio menciona que el aumento del consumo se presenta debido a la normalización en la etapa compensatoria del tracto digestivo e hígado, se incrementa la síntesis de proteína, la demanda de energía aumenta originando un aumento del consumo para cubrir esta demanda (Lawrence y Fowler, 2002). Se menciona también la posible relación entre la menor cantidad de tejido adiposo y menor producción de leptina (hormona encargada de la saciedad) para explicar el incremento del consumo (Sainz, 1998).

2.3.3. Alta eficiencia de utilización de los alimentos

Durante la realimentación, el tracto digestivo e hígado de los animales restringidos comienzan a incrementar su tamaño junto a su habilidad para absorber los nutrientes, en esta etapa existen mejoras en la digestibilidad del nitrógeno (Ryan, 1990). En el tracto digestivo se estimula la producción local de factor de crecimiento insulínico (IGF-1), asimismo estimula la síntesis de proteína dentro de las células gastrointestinales aumentando el flujo de nutrientes hacia el hígado (Hornick *et al.*, 2000).

En otro estudio, se sometió a corderos a diferentes restricciones nutritivas durante la fase de realimentación, mostrando un incremento en forma lineal de la eficiencia y en relación inversa con la curva de ganancia de peso durante la restricción (Turgeon *et al.*, 1986).

2.3.4. Cambios en el estatus endocrino

Las hormonas principalmente asociadas con el CC son: la hormona de crecimiento (HC), el IGF-1, la insulina y la tiroxina (T4) (Hogg, 1991). El incremento en la circulación de la HC estimula la producción de IGF-1, la cual disminuye la producción de HC por la pituitaria, los animales restringidos tienen este mecanismo bloqueado, por lo tanto, los niveles de IGF-

l permanecen iguales o disminuidos mientras que se elevan los niveles de HC circulantes (Elsasser *et al.*, 1989) los cuales incrementan la movilización de ácidos grasos que serán utilizados para satisfacer los requerimientos de energía (Hornick *et al.*, 2000).

La disminución del IGF-1 se asocia a la disminución del tamaño del hígado, el cual se encarga de su producción pero al mismo tiempo se incrementan sus receptores en los tejidos periféricos, estos tejidos son sensibles a las concentraciones del IGF-1, en la realimentación existe un aumento en el flujo de nutrientes que recibe el hígado por lo que aumenta la producción del factor de crecimiento insulínico estimulando la deposición de proteína en el tejido periférico (Hornick *et al.*, 2000). Esto explicaría porque existe un aumento en la síntesis proteica en relación con la degradación durante el CC, primero en las vísceras y luego en los músculos resultando en una mejora en la acumulación de proteínas y menor excreción de nitrógeno, asimismo la deposición muscular requiere menos energía que la deposición de grasa por lo que la tasa de crecimiento mejora (Van *et al.*, 1988).

Para el caso de la insulina, esta baja durante periodos de desnutrición y aumenta durante la realimentación, esto se da de forma transitoria y puede tardar de días a semanas. La concentración plasmática de HC permanecen altas en el CC, ambas situaciones permiten una mejor utilización de nutrientes para los procesos de crecimiento (Hornick *et al.*, 2000). Por último, la tiroxina es una hormona relacionada con la síntesis de la degradación muscular, durante la restricción la T4 disminuye como consecuencia del bajo metabolismo basal y su rápido incremento durante el CC estaría relacionado con la mejora en el uso de nutrientes para el crecimiento (Hornick *et al.*, 2000).

2.3.5. Cambios en la composición corporal

En la primera etapa del CC el tejido que se deposita principalmente es tejido muscular y proteínas, esto dura algunas semanas, luego la síntesis de proteínas disminuye y se incrementa la deposición de tejido graso. Muchas veces el tejido graso se desarrolla con rapidez y los animales al final de la etapa de recuperación son gordos, pero esto dependerá de la duración de la realimentación, la raza y edad del animal (Hornick *et al.*, 2000).

En un trabajo con toros sometidos a restricción, durante el crecimiento de 260 a 350 kg los toros restringidos mostraron mayor depósito de proteína en comparación con los controles, en el crecimiento de 350 a 450 kg los toros que fueron restringidos obtuvieron mayor depósito de grasa en comparación con los controles y durante el crecimiento de 450 kg en adelante el CC no mostro variación en la composición en relación con los controles (Fox *et al.*, 1972). Esto daría la premisa que el grado de madurez durante el periodo de restricción alimenticia es un factor importante para la composición del cuerpo durante la realimentación (Alves, 2003).

Cuando se produce el CC el cuerpo necesita un periodo de adaptación cuya duración varía entre especies. En los vacunos toma alrededor de un mes. Si la restricción es moderada (en vacunos 300 g/ d) la tasa de crecimiento durante la realimentación aumenta cerca de un mes y alcanza 2 kg/d, la tasa de crecimiento máxima dura otro mes más y luego disminuye hasta alcanzar un mínimo de cuatro meses después del inicio de la realimentación (Hornick *et al.*, 2000).

Recapitulando lo expuesto en la revisión bibliográfica se infiere que cualquier factor que impida al animal utilizar de forma eficiente la energía durante su desarrollo generara retraso en el crecimiento, posteriormente si estos factores son eliminados manifestaran mayor ganancia de peso de manera acelerada llegando incluso a equiparar su peso adecuado de engorde, expresando así el crecimiento compensatorio.

2.4. CARACTERÍSTICAS DEL CUY

Los cuyes son una especie originaria de la zona andina, presentando características particulares que se describe a continuación:

2.4.1. Anatomía y fisiología digestiva

El cuy es un herbívoro monogástrico, en el estómago se inicia el proceso digestivo enzimático y en el ciego funcional se realiza la fermentación bacteriana lo que lo clasifica como un fermentador post gástrico. Realiza la cecotrofia para reutilizar el nitrógeno, esto le permite aprovechar raciones de alimento con bajos niveles de proteína (Chauca, 1997).

El movimiento de la ingesta a través del estómago e intestino delgado es rápido y no demora más de dos horas en llegar al ciego, que constituye alrededor del 15 % del peso total del cuy. Una vez llegado al ciego el tránsito es más lento demorando casi 48 horas, asimismo la celulosa que forma parte de la dieta ayuda a que los movimientos del contenido intestinal sean más lentos permitiendo una mejor eficiencia en la absorción de nutrientes, en el ciego e intestino grueso la absorción de ácidos grasos de cadena corta es mayor (Chauca, 1997).

La flora bacteriana del ciego, conformada en su mayoría por bacterias gram positivas, permite aprovechar al máximo la fibra, también producen ácidos grasos volátiles, síntesis de proteína microbiana y vitaminas del complejo B, ayudando al cuy a cubrir sus requerimientos nutricionales durante la cecotrofia (Holstenius y Bjornhag, 1985).

En comparación con los rumiantes, el ciego de los cuyes es menos eficiente debido a que la flora microbiana se multiplica en un punto que supera la acción de las enzimas proteolíticas (Gómez y Vergara, 1993). Asimismo, existe una amplia variedad de alimentos que el cuy puede consumir, entre ellos: pastos cultivados, pastos nativos, hierbas, pajas, rastrojos, verduras, frutas, tubérculos, granos de cereales, menestras, subproductos agroindustriales, etc (Jiménez y Huamán, 2010).

2.4.2. Requerimientos nutricionales

Los cuyes presentan una alta tasa de metabolismo y sus requerimientos varían dependiendo de la edad, sexo y etapa reproductiva. Como productores de carne requieren un adecuado suministro de alimento, que sea completo y equilibrado, lamentablemente uno de los principales problemas en la producción de cuyes es la mala nutrición debido al desconocimiento de técnicas adecuadas de alimentación ya que en muchos casos se emplean pastos de baja calidad y poca utilización de alimento balanceado generando un bajo rendimiento de carcasa (Chauca, 1997).

En el caso de los cuyes en crecimiento, al igual que en otras especies, las primeras etapas de vida son las de mayor exigencia nutricional (Jiménez y Huamán, 2010). El Cuadro 1, muestra los requerimientos para cuyes en crecimiento (Vílchez, 2006).

Cuadro 1. Requerimientos nutricionales para cuyes en crecimiento

Nutriente	Requerimiento
Proteína (%)	18
Energía digestible (Kcal/Kg)	2800
Fibra cruda (%)	10
Grasa (%)	3
Lisina (%)	0.84
Metionina (%)	0.38
Metionina + Cistina (%)	0.8
Calcio (%)	0.9
Fósforo (%)	0.75
Sodio (%)	0.2
Ácido ascórbico (mg/Kg)	750

Fuente: Vílchez, 2006

2.4.3. Sistemas de alimentación

En la crianza de cuyes, existe una gran diversidad de los sistemas de producción, esto origina que en la actualidad se disponga de tres tipos de sistemas de alimentación bastante diferenciados: alimentación basada solo en forraje verde, alimentación mixta (alimento balanceado y forraje verde) y alimentación basada solo en balanceado (Chauca, 1997).

2.4.3.1. Alimentación basada solo en forraje verde

Consiste en utilizar el forraje como única fuente de sustento nutricional por lo que hay dependencia de su disponibilidad estacional (Aliaga *et al.*, 2009). Debido a que el cuy es una especie herbívora por excelencia es lógico que su alimentación base sea el forraje y tengan preferencia por ella, de donde obtienen agua y buena fuente de vitamina C. El cuy es capaz

de consumir de 30 a 50% de su peso vivo en forraje, pero en general se administra entre 80 y 200 g/cuy/día de forraje para el engorde. Este tipo de alimentación es observado en la crianza familiar-comercial y comercial en la sierra de nuestro país ya que mantienen áreas de cultivo para siembra de forraje (Chauca, 1997). Se menciona que los incrementos diarios de peso están entre 5-8 g/día cuando se utiliza este sistema de alimentación (Castro y Chirinos, 1997).

La ventaja del sistema de alimentación con forraje verde es la escasa inversión en los costos de alimento, pero como desventaja que al ser utilizado como único alimento no cubre totalmente los requerimientos nutricionales del cuy generando una baja productividad (Solorzano y Sarria, 2014). Asimismo, debe tenerse en cuenta que la disponibilidad de forrajes verdes no es constante a lo largo del año, en las épocas de seca existe escases por lo que la utilización de suplementos contenidos en un alimento balanceado o subproductos industriales son buenas alternativas (Chauca, 1997).

2.4.3.2. Alimentación mixta

Debido a que no es posible tener disponible de forma constante pasturas verdes se buscaron alternativas para la alimentación de los cuyes, entre ellas está la alimentación mixta la cual consiste en el uso de forraje verde y concentrado, que aportan los nutrientes necesarios para un buen desarrollo productivo al lograr cubrir los requerimientos nutricionales (Solorzano y Sarria, 2014) y al actuar también como un suplemento energético y proteico favoreciendo el crecimiento de los cuyes (Roca Rey, 2001). Los cuyes pueden consumir entre 20-30 g de concentrado y 200 g de forraje o lo equivalente al 10% de su peso vivo en materia seca, las ganancias diarias se elevan por encima de los 10 g (Castro y Chirinos, 1997).

Por otro lado, al usar forraje como fuente de nutrientes genera un crecimiento lento en los cuyes por lo que la utilización de alimento balanceado como suplemento es mucho más eficiente en la producción al exteriorizar mejor el bagaje genético y la conversión alimenticia sin elevar demasiado los costos. Este tipo de alimentación es usado más en la crianza comercial que está más limitada a valles cercanos a áreas urbanas (Chauca, 1997).

2.4.3.3. Alimentación basada solo en balanceado

Se caracteriza por administrar como única fuente de alimento balanceado, para ello se requiere preparar una ración adecuada que satisfaga los requerimientos nutricionales de los cuyes durante el engorde, acompañado siempre con agua dando hincapié en la vitamina C ya que los cuyes presentan una deficiencia orgánica en su síntesis. Las raciones diarias pueden variar de 40 a 60 g/animal/ día dependiendo de la calidad de la ración (Chauca, 1997). Este sistema es usado en zonas de crianza de tipo comercial donde el forraje es muy escaso o restringido (Solorzano y Sarria, 2014).

El alimento balanceado debe administrarse en forma de pellet para evitar el desperdicio en polvo, además que se obtienen mejores resultados en ganancias de peso utilizando la forma peletizada que en harinas, la desventaja de esto es el alto costo de alimentación que se refleja en costos de producción (Vergara, 2008), además se eleva el consumo de agua y puede perderse o contaminarse cuando se utilizan sistemas de comederos automáticos (Aliaga *et al.*, 2009).

2.4.4. Eficiencia de cuy para extraer nutrientes de los alimentos

El cuy presenta altos requerimientos nutricionales que deben ser cubiertos, pero al ser un herbívoro, que consume alimentos voluminosos con bajo contenido energético, desarrolla tres mecanismos de compensación a esta situación: mayor tasa de consumo (hasta el 10% de su peso vivo en materia seca), una digestión fermentativa post-gástrica y la cecotrofia (Jiménez y Huamán, 2010).

En la fermentación post-gástrica destaca el papel de la celulosa obtenida de la dieta, la cual retrasa el peristaltismo intestinal permitiendo una mejor absorción de nutrientes que se traduce en ganancia de peso, la cecotrofia actúa como un mecanismo de compensación biológica, estas excretas son ricas en nitrógeno que es reutilizado permitiendo digerirlo, además esta acción ayuda en aprovechar mejor la proteína encerrada en las células de las bacterias presentes en el ciego (Chauca, 1997)

Estos mecanismos hacen del cuy un animal que convierte el pasto que consume en carne de manera más eficiente en comparación con otros animales, es decir produce más proteína por cada kg de materia seca que consume (Jiménez y Huamán, 2010).

2.4.5. Parámetros productivos

2.4.5.1. Ganancia de peso

La ganancia de peso es un parámetro de gran importancia, su expresión está en relación con el tipo, cantidad y calidad del alimento ofrecido a los cuyes junto con el factor genético (Moreno, 1989). Existen diversos reportes sobre peso vivo y ganancia de peso, se reporta que el peso promedio final y ganancia diaria promedio a las ocho semanas de edad en cuyes de raza Perú es de 1046 g y 16.9 g, respectivamente (Chauca *et al.*, 2005).

Otro estudio evaluó los parámetros productivos en cuatro genotipos de cuyes mejorados sometidos a dos sistemas de alimentación (integral y mixta) en la ciudad de Lima, se ofreció una dieta peletizada de forma *ad libitum* durante ocho semanas y obtuvo como peso promedio final, de los cuatro genotipos alimentados con pellets, 1101.04 g y una ganancia diaria promedio de 13.14 g (Cayetano, 2019).

Al evaluarse los parámetros productivos en tres razas de cuyes sometidas a alimentación mixta e integral durante siete semanas, los resultados fueron que la raza Perú alimentada con balanceado obtuvo un peso promedio final de 991.9 g y una ganancia diaria promedio de 14.61 g, la raza Inti obtuvo 804.3 g y 11.65 g respectivamente y la raza Andina obtuvo 782 g y 12.02 g respectivamente. El peso promedio final y ganancia diaria por efecto del sistema de alimentación integral para las tres razas fue de 859.67 g y 12.76 g (Reynaga, 2018).

Un estudio en Chota, Cajamarca evaluó el uso de alimento peletizado en los parámetros productivos durante el engorde de cuyes mejorados, evaluándose alfalfa más concentrado y alfalfa más concentrado peletizado durante cinco semanas, el peso promedio final fue de 785.63 g y 806.38 g, respectivamente (Parvenaz *et al.*, 2018).

Un trabajo en la selva central evaluó diferentes sistemas de alimentación en cuyes de engorde sobre sus parámetros productivos, los cuyes tratados con alimento balanceado durante 10 semanas obtuvieron como peso promedio final 836.3 g para los machos y 818 g para las hembras (Acosta, 2008).

Como se reporta existe diversa información sobre ganancia de peso en cuyes, existiendo respuestas de acuerdo con el tipo o raza, de acuerdo a las diferentes zonas del país, el tipo de alimento utilizado.

2.4.5.2. Consumo de alimento

El consumo de alimento está influenciado por muchos factores, en cuyes los principales factores son la densidad nutricional de la ración, la palatabilidad y el peso de las crías al nacer junto con el tamaño de camada. Los cuyes que provienen de camadas numerosas tienden a consumir más para compensar la restricción de leche producida por la competencia entre hermanos (Chauca *et al.*, 2005).

Durante el periodo de engorde en cuyes el consumo de alimento juega un papel importante, ya que aquellos individuos que consumen más alimento ganarán más peso. La información disponible sobre consumo de alimento en cuyes es diversa, se reporta que en cuyes machos de la raza Perú el consumo de alimento diario fue de 51.3 g de materia seca (MS) y a las ocho semanas de edad su consumo total es de 2153 g MS (Chauca *et al.*, 2005).

Otro reporte, donde se evaluó parámetros productivos de cuatro genotipos de cuyes mejorados alimentados con peletizado de forma *ad libitum* durante ocho semanas, obtuvo de 69.8 g de MS por día (Cayetano, 2019).

Al evaluarse los parámetros productivos en tres razas de cuyes sometidos a un sistema de alimentación integral durante siete semanas se reportó que el consumo promedio diario fue para la raza Perú, Inti y Andina: 39.8, 32.7 y 33.4 g/d, respectivamente y en promedio por efecto del sistema integral un consumo de 35.3 g/d (Reynaga, 2018).

Una experiencia en la zona de la selva central, donde evaluaron diferentes sistemas de alimentación en cuyes de engorde, recibiendo los cuyes solamente alimento formulado durante 10 semanas tuvieron un consumo diario promedio de 29.95 g (Acosta, 2008).

2.4.5.3. Conversión alimenticia

La conversión alimenticia es la relación entre el consumo de alimento y la ganancia de peso, por ello, los factores que influyen en estas variables van a influir sobre esta. La información disponible presenta grandes diferencias. Se menciona que los cuyes machos de raza Perú presentan una conversión alimenticia de 3.03 (Chauca *et al.*, 2005). La conversión alimenticia promedio de un estudio en Lima de cuatro genotipos de cuyes mejorados alimentados con peletizado de forma *ad libitum* durante 8 semanas fue de 5.34 (Cayetano, 2019).

En Chota, Cajamarca se evaluó el crecimiento en cuyes mejorados alimentados con concentrado durante cinco semanas, se usaron dos tratamientos: alfalfa + concentrado y alfalfa + peletizado, la conversión alimenticia promedio fue de 3.94 y 3.66 respectivamente, la ICA se obtuvo de la relación entre el peso y consumo semanal (Parvenaz *et al.*, 2018).

En un estudio en Lima donde se evaluó dos sistemas de alimentación (mixta e integral) en la etapa de crecimiento, las tres razas de cuyes evaluadas alimentadas solo con balanceado mostraron una conversión alimenticia promedio de 2.81, la conversión se evaluó en periodo semanales y acumulado total (Reynaga, 2018).

Otro trabajo donde se evaluó los índices productivos en granjas de Tacna se obtuvo que la conversión alimenticia de Granjas tecnificadas fue de 3.41 y para granjas familiares-tecnificadas de 3.83, en ambas se utilizaba alimentación mixta en donde predominó la utilización de Tomasino como alimento balanceado (Telles, 2010).

Un trabajo en la selva central probó diferentes sistemas de alimentación en cuyes de engorde, los cuyes tratados con el sistema integral durante 10 semanas obtuvieron una conversión alimenticia promedio de 3.9 para los machos y de 3.8 para las hembras (Acosta, 2008).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ÁREA DE ESTUDIO Y PERIODO DE DURACIÓN

El estudio se realizó en la estación experimental IVITA – Maranganí de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. La estación está localizada a 3727 msnm y a 14°21'11.4" S 71°09'56.9" W, en el distrito de Maranganí, provincia de Canchis, departamento del Cusco.

El estudio se ejecutó entre el 30 de septiembre y el 17 de noviembre del 2019 (7 semanas)

3.2. ANIMALES EXPERIMENTALES

Se utilizaron 40 cuyes machos, recién destetados, procedentes del IVITA – Maranganí, con una edad y peso promedio de 21 días y 377 g, respectivamente. Los animales fueron alojados en jaulas individuales de 0.40 x 0.40 m, con piso de madera, acondicionados con comedero circular de arcilla y bebedero circular de metal.

Para determinar el número de individuos de cada grupo se utilizó la fórmula de diferencia de medias:

$$n = (Z_{\alpha/2} + Z_{\beta})^2 * 2 * \sigma^2 / d^2$$

Donde:

n: Número de individuos = 20 animales

Z (α): valor de tabla nivel de confianza especificado = 95%

Z (β): valor de tabla para la potencia especificada = 80%

σ^2 : varianza de la conversión alimenticia = 0.62

d: diferencia entre los cuyes restringidos y no restringidos = 0.7

3.3. DISEÑO EXPERIMENTAL

El experimento consistió en dos fases, de 21 y 28 días cada una, respectivamente. Los animales experimentales fueron distribuidos al azar en dos grupos, I restringido y II control.

Fase I:

- **Tratamiento I:** Restricción de alimento
- **Tratamiento II:** Alimentación *Ad libitum* (Control)

Fase II:

- **Tratamiento I:** alimentación *Ad libitum*
- **Tratamiento II:** alimentación *Ad libitum* (Control)

Naturaleza de la restricción: los cuyes sometidos a restricción recibieron una alimentación de mantenimiento (20 g/cuy). Esta cantidad de alimento representa el requerimiento de energía para mantenimiento ($136 \text{ Kcal EM/ PV}^{0.75}$) (NRC, 1995).

Para la alimentación se utilizó un alimento comercial peletizado formulado para cuyes. En el Cuadro 2, se muestra la composición química del alimento, los insumos utilizados en la dieta fueron en base a cereales y harinas oleaginosas suplementadas con vitamina C.

Cuadro 2. Composición química del alimento utilizado

Nutriente	%
Proteína	15
Carbohidratos	45
Grasas	2
Fibra	16
Cenizas	10
Calcio	0.9
Fósforo	0.5
Humedad	13
EM	3100 kcal/kg

3.4. VARIABLES EVALUADAS

- 3.4.1. **Ganancia de peso:** el peso de los animales se evaluó al inicio del experimento y cada 7 días con una balanza de 2 kg con sensibilidad \pm g. Las pesadas se hicieron, en ayunas y a la misma hora (8:00 am).
- 3.4.2. **Consumo de alimento:** se determinó diariamente a través de la diferencia entre el alimento ofrecido y el rechazado en ambas fases para ambos tratamientos.
- 3.4.3. **Conversión de alimento:** se determinó a través de la relación entre el consumo de alimento y la ganancia de peso semanalmente en ambas fases para ambos tratamientos.
- 3.4.4. **Índice de recuperación:** se calculó usando la formula desarrollada por Wilson y Osbourn (1960).

$$IR = \{ (A - B) / A \} \times 100\%$$

Donde:

IR: índice de recuperación.

A: Diferencia entre el peso promedio al inicio de la fase II de los restringidos y el peso promedio al inicio de la fase II de los controles.

B: Diferencia entre el peso promedio al final de la fase II de los restringidos y peso promedio al final de la fase II de los controles.

Donde un resultado de 100% indica una recuperación completa

3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La ganancia de peso, el consumo de alimento y conversión alimenticia se analizó a través de la prueba de t de Student para muestras independientes con un nivel de significancia de 5% para un diseño completamente al azar.

IV. RESULTADOS

4.1. GANANCIA DE PESO

Los pesos promedio de cada tratamiento al inicio del experimento, al final de la restricción y al final del experimento se muestran en el Cuadro 3. Al final de la fase I, los animales restringidos ganaron 5.6% de peso mientras que los animales sin restricción tuvieron una ganancia de peso del 62.5%. Al final de experimento los animales restringidos ganaron 112.4% de peso y los controles ganaron 59.6% en comparación con el peso al final de la restricción. Al inicio del experimento no hubo diferencia significativa ($P>0.05$) en los pesos de ambos grupos, al final de la restricción si hubo diferencia significativa ($P<0.05$) donde los controles tuvieron mayor peso y con respecto al final del experimento también hubo diferencia significativa ($P<0.05$) siendo los controles los de mayor peso final.

Cuadro 3. Peso vivo (g) de cuyes restringidos y *ad libitum* al inicio del experimento, final de la restricción y final del experimento

	Inicio del experimento	Final de la restricción	Final del experimento
Tratamiento I (Restringidos)	374 (35) ^{a*}	395 (45) ^a	839 (48) ^a
Tratamiento II (<i>Ad libitum</i>)	381 (34) ^a	619 (38) ^b	988 (78) ^b
Diferencia	7	224	149

*Letras diferentes en columna indican diferencia significativa ($P<0.05$), números en paréntesis indica desviación estándar

La ganancia diaria de peso durante la etapa compensatoria se muestra en el Cuadro 4. Se dividió en cuatro periodos: 0 - 7, 7 - 14 d, 14 - 21 d y 21 - 28 d. La ganancia de peso durante la fase compensatoria fue mayor ($P<0.05$) en el periodo 0-7 d en los animales restringidos, disminuyendo en el segundo periodo en 45%, hubo un incremento en el tercer periodo en comparación con el anterior en 45% y luego otro incremento para el cuarto en 6.25%. Los restringidos tuvieron mayor ($P<0.05$) ganancia de peso por periodo (g/d) en comparación de los controles durante los periodos: 0 - 7 d, 7 - 14 d y 21 - 28 d.

Cuadro 4. Rango de crecimiento (g/d) de cuyes restringidos y control durante la etapa compensatoria

	Tratamiento I	Tratamiento II
	Restringidos	Control
0 - 7 d	20 (3) ^{a*}	17 (4) ^b
7 - 14 d	11 (4) ^a	8 (2) ^b
14 - 21 d	16 (3) ^a	15 (5) ^a
21 - 28 d	17 (3) ^a	13 (4) ^b
0 - 28 d	16 (1) ^a	13 (2) ^b

*Letras diferentes en filas indican diferencia significativa ($P<0.05$), números en paréntesis indica desviación estándar

d: días

4.2. CONSUMO DE ALIMENTO

El consumo de alimento durante la etapa compensatoria se muestra en el Cuadro 5. El consumo de alimento fue mayor ($P<0.05$) durante los periodos: 0 - 7 d, 7 - 14 d y 21 - 28 d, siendo la más alta durante el periodo inicial 0 - 7 d.

Cuadro 5. Consumo diario de alimento ($\text{g/kg}^{0.75}$) de cuyes restringidos y control durante la etapa compensatoria

	Restringidos	Control
0 - 7 d	102 (10) ^{a*}	81 (6) ^b
7 - 14 d	66 (5) ^a	54 (4) ^b
14 - 21 d	56 (10) ^a	53 (9) ^a
21 - 28 d	77 (4) ^a	65 (4) ^b
0 - 28 d	75 (5) ^a	64 (3) ^b

*Letras diferentes en filas indican diferencia significativa ($P < 0.05$), números en paréntesis indica desviación estándar

d: días

4.3. CONVERSIÓN ALIMENTICIA

La conversión alimenticia durante la etapa compensatoria se muestra en el Cuadro 6, se encontró una mayor ($P < 0.05$) eficiencia en los animales restringidos en comparación con los controles durante los periodos: 0 - 7 d, 14 - 21 d y 21 - 28 d, asimismo la conversión más eficiente ($P < 0.05$) para los animales restringidos se logró en el primer periodo (0 - 7 d).

Cuadro 6. Conversión alimenticia de cuyes restringidos y control durante la fase compensatoria

	Restringidos	Control
0 - 7 d	2.6 (0.4) ^{a*}	3.6 (1.1) ^b
7 - 14 d	4.8 (2.4) ^a	6.1 (3) ^a
14 - 21 d	2.5 (0.5) ^a	3.5 (1.6) ^b
21 - 28 d	3.7 (0.9) ^a	4.9 (1.3) ^b
0 - 28 d	3.0 (0.3) ^a	3.9 (0.5) ^b

*Letras diferentes en filas indican diferencia significativa ($P < 0.05$), números en paréntesis indica desviación estándar

d: días

4.4. ÍNDICE DE RECUPERACIÓN

Los cuyes sometidos a restricción lograron 33.48% de índice de recuperación, siendo esta una compensación parcial.

V. DISCUSIÓN

La edad a la que los cuyes salen al mercado es de 9 a 10 semanas con un kg de peso vivo aproximadamente, al respecto, la información disponible menciona también que algunas razas son más precoces y llegan a las 8 semanas con más de un kg de peso vivo (Chauca *et al.*, 2005), en el presente estudio los cuyes control llegaron a este peso, sin embargo, los restringidos no.

Respecto a la ganancia diaria de peso, la obtenida en los restringidos en la realimentación fue de 16 g/d similar a lo reportado en la literatura por Chauca *et al* (2005) existiendo también información que reporta menores ganancias (Cayetano, 2019 y Reynaga, 2018) se diría que estas diferencias en las ganancias de peso pueden deberse a diversos factores, como la raza utilizada, el tipo de alimento y las condiciones de crianza.

El consumo diario de alimento promedio en los cuyes restringidos durante la compensación fue de 75 g siendo mayor que el promedio mostrado por el Chauca *et al* (2005) que menciona un consumo diario de 51.3 g. Al compararlo con los datos reportados en literatura, este resultado ser mayor que Cayetano (2019) con 69.8 g, Reynaga (2018) con 35.3 g y Acosta (2008) con 29.95 g. En todos los estudios mencionados la alimentación con concentrado fue otorgada de forma *ad libitum*.

La conversión alimenticia promedio en los cuyes restringidos durante la realimentación fue de 3 similar a lo reportado por Chauca *et al* (2005) y menor a los datos reportados por Cayetano (2019) y Parvenaz *et al* (2018) ambos reportes usando alimento concentrado peletizado.

La evaluación realizada durante las cuatro semanas que duro la etapa de compensación mostro que los cuyes restringidos presentaron compensación, pero esta fue parcial debido a que los pesos promedios finales son significativamente diferentes. Esta compensación es reportada en la literatura en ovinos (Ryan *et al.*, 1993) y alpacas (Olazabal *et al.*, 2009), las razones para no haber logrado una compensación completa son múltiples, pudiendo verse asociadas a la edad a la que fueron restringidos los animales, la severidad y tiempo de la restricción.

Un aspecto que se debe tomar en cuenta es la ganancia de peso observada durante la primera semana de la compensación, esta fue elevada en comparación a los otros periodos evaluados, se menciona que un aspecto del CC es que las tasas de crecimiento al inicio son mayores en los animales sometidos a restricción y conforme incrementen su peso corporal la tasa disminuye (Ryan *et al.*, 1993).

Estos resultados coinciden con Ryan *et al* (1993) en su trabajo con ovinos y vacunos donde encontró que ambos presentaron crecimientos más rápidos que los controles y que las tasas de crecimiento de ambos disminuyo conforme ganaban peso corporal, Carstens *et al* (1991) menciona que los novillos sometidos a restricción durante la realimentación manifestaron una ganancia de peso 1.7 veces superior a los controles durante las primeras etapas y Olazabal *et al* (2009) menciona que en alpacas también se observó esta respuesta en sus tres tratamientos (restricción moderada, media y alta) tanto para los sometidos a restricción proteica como energética.

El crecimiento rápido se debe a que los animales sometidos a restricciones nutritivas reducen sus necesidades de mantenimiento y los órganos metabólicamente activos del tracto digestivo disminuyen de tamaño para aumentar las probabilidades de supervivencia, esta disminución permanece durante las primeras etapas de la realimentación en donde la energía y proteínas que se pueden destinar al crecimiento es mayor lo que se traduce en mayores aumentos de peso (Ryan, 1990; Manso *et al.*, 1995).

La mayor ganancia de peso durante la primera semana de compensación se asocia al mayor consumo de alimento durante este periodo de tiempo, al respecto se conoce que el incremento en el consumo de alimento en los animales restringidos es el mecanismo principal por el cual los animales manifiestan el CC (Santra y Pathak, 1999).

El incremento del consumo se debe a que durante la restricción alimenticia el tejido adiposo se reduce considerablemente de tamaño, generando mayor espacio en la cavidad abdominal y menor presión sobre estos órganos por lo que el consumo será mucho mayor (Kamalzadeh *et al.*, 1997). También se menciona que al haber poco tejido adiposo habría una disminución de la hormona leptina, la cual que se encarga de inhibir la ingesta de alimento lo que explicaría su cambio en el punto de saciedad.

El consumo de alimento fue mayor durante la primera semana de compensación y este fue disminuyendo a medida que los animales ganaban peso, esta característica de disminución del consumo ha sido reportada en diversos estudios de compensación en otras especies como ovejas, vacas y alpacas (Ryan *et al.*, 1993; Olazabal *et al.*, 2009).

Otro aspecto para tomar en cuenta cuando se realiza la evaluación del CC es la conversión alimenticia de los animales restringidos durante el periodo de compensación, se observó una mayor eficiencia en los cuyes sometidos a restricción, siendo la más eficiente durante el primer periodo, coincidiendo con la información reportada tanto en vacunos, ovinos (Ryan *et al.*, 1993) y alpacas (Olazabal *et al.*, 2009).

En cuanto al índice de recuperación, se logró una compensación parcial, este resultado es poco frecuente y se menciona que ocurre cuando se realiza la restricción alimenticia a una edad muy temprana y con restricciones muy largas y severas (Wilson y Osbourn, 1960). Esta compensación parcial coincide con la información reportada en ovinos (Ryan *et al.*, 1993) y en alpacas (Olazabal *et al.*, 2009), que evaluaron restricciones media y alta en los requerimientos de energía y proteína. Quizás la compensación completa se hubiera logrado si la edad de los cuyes sometidos a restricción no hubiera sido inmediatamente después del destete y en un periodo más corto.

Pese a que los cuyes tuvieron una compensación parcial, se logró reducir los costos de producción porque el gasto alimentario fue bajo en los cuyes restringidos debido a su menor consumo total de alimento en comparación con los controles, siendo el alimento un factor determinante al representar más del 70% de los costos totales y además que durante la etapa de compensación se observó que la conversión alimenticia fue menor en los animales restringidos, esta característica abre la posibilidad de poder utilizar este fenómeno para disminuir los costos de producción en la crianza de cuyes.

VI. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se realizó el experimento se concluye:

- Se evidencio crecimiento compensatorio en cuyes, mostrando una recuperación parcial.
- Los cuyes restringidos mostraron mayor ganancia diaria de peso, mayor consumo de alimento y mejor conversión alimenticia durante la fase compensatoria.
- Las mayores tasas de crecimiento, de consumo de alimento y mejor conversión alimenticia de los cuyes restringidos se observaron en los periodos iniciales de la fase compensatoria.

VII. BIBLIOGRAFÍA

1. **Acosta Y. 2008.** Diferentes sistemas de alimentación en cuyes (*Cavia porcellus*) de engorde con la utilización de insumos alimenticios producidos en la selva central. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Huancayo: Univ. Nac. del Centro del Perú. 96 p.
2. **Aliaga L, Moncayo R, Rico E. 2009.** Producción de cuyes. Fondo Editorial de la Universidad Católica sedes Sapientiae. Lima-Perú. 808 p.
3. **Alves D. 2003.** Crecimiento compensatorio em bovinos de corte. RPCV (2003) 98 (546). 61 - 67 p.
4. **Bavera G, Bocco O, Beguet H, Petryna A. 2005.** Crecimiento y desarrollo compensatorio. Cursos Producción Bovina de Carne, F.A.V. UNRC.5 p
5. **Berge P. 1991.** Long-term effects of feeding during calf hood on subsequent performance in beef cattle (a review). Livestock Production Science, 28, 179-201 p.
6. **Carstens G, Johnson DE, Ellenberger MA, Tatum JD. 1991.** Physical and chemical components of the empty body during compensatory growth in beef steers. J. Anim. Sci. 69: 3251-3264.
7. **Castro J, Chirinos D. 1997.** Nutrición y alimentación de cuyes. 1° ed. UNCP. Huancayo – Perú. 18p.

8. **Cayetano J. 2019.** Crecimiento de cuatro genotipos de cuyes (*Cavia porcellus*) bajo dos sistemas de alimentación. Tesis para optar el grado de Maestre Magister Scientiae en producción animal. Lima: Univ. Nac. Agraria La Molina. 79 p.
9. **Chauca L. 1997.** Producción de cuyes (*Cavia porcellus*). Lima. FAO. 138 p.
10. **Chauca L, Muscari G, higaona R. 2005.** Informe final sub- proyecto generación de líneas mejoradas de cuyes de alta productividad. INIA-Inagro. 137 p.
11. **Chauca L, Vega Ll, Valverde N. 2004.** Evaluación del crecimiento de cuyes raza Perú alimentados con raciones con diferente densidad nutricional. INIA-inagro. 10 p
12. **Cuellar A, Mora D. 1997.** Restricción alimenticia de pollos de engorde 1. Efecto de la edad. Revista Facultad Nacional Agronomía. Medellín. 85-102 p.
13. **De La Colina G. 2016.** Evaluación del crecimiento compensatorio en cuyes de la raza Perú – Andahuaylas. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Abancay: Univ. Tecnológica de los Andes. 87 p.
14. **Drouillard JS, Klopfenstein TJ, Britton RA, Bauer ML, Gramlich SM, Wester TJ, Ferrell CL. 1991a.** Growth, body composition, and visceral organ mass and metabolism in lambs during and after metabolizable protein or net energy restrictions J. Anim. Sci. 69:33573375.
15. **Drouillard JS, Ferrell CL, Klopfenstein TJ, Britton RA. 1991b.** Compensatory growth following metabolizable protein or energy restrictions in Beef Steers. J. Anim. Sci. 69:811818.
16. **Elsasser T. Rumsey H. Hammond S. 1989.** Influence of diet on basal and growth hormone-stimulated plasma concentrations of IGF-1 in beef cattle. J. Anim. Sci. 1989; 67: 128-141

17. **Fox DJ, Johnson RR, Preston RL, Dockerty TR. 1972.** Protein and energy utilization during compensatory growth in beef cattle. *Journal of Animal Science*.
18. **Gómez B, Vergara V. 1993.** Fundamentos de nutrición y alimentación. I Curso nacional de capacitación en crías familiares. INIA-EELM-EEBI. 38-50 p.
19. **Hogg B. 1991.** Compensatory growth in ruminants. In: *Growth regulation in farm animal - advances in meat research*. Corvallis Oregon: Ed. Elsevier, 7, 103-134 p.
20. **Holtenius K, Bjornhag G. 1985.** The colonic separation mechanism in the guinea pig (*Cavia porcellus*) and the chinchilla (*Chinchilla laniger*). *Comparative biochemistry and Physiology* 824(3):537-542.
21. **Hornick JL, Van Eenaeme C, Clinquart A, Diez M, Istasse L. 1998.** Different periods of feed restriction before compensatory growth in Belgian Blue bulls. I. Animal performance, nitrogen, balance meat characteristics and fat composition. *J. Anim. Sci.* 76: 249-259 p.
22. **Hornick JL, Van Eenaeme C, Gérard O, Dufrasne I, Istasse L. 2000.** Mechanisms of reduced compensatory growth. *Domest. Anim. Endocrinol.* 19:121132.
23. **Jiménez R, Amparo H. 2010.** Cuyes Genéticamente Geniales. IVITA – UNMSM.
24. **Kamalzadeh A, Van Bruchem J, Koops WJ, Tamminga S, Zwart D. 1997.** Feed quality restriction and compensatory growth in growing sheep: feed intake, digestion, nitrogen balance and modeling changes in feed efficiency. *Livest. Prod. Sci.* 52:209217.
25. **Koong, LJ, Ferrell CL, Nienaber AN. 1985.** Assessment of interrelationships among levels of intake and production, organ size and fasting heat production in growing animals. *Journal of Nutrition*, 115, 1383-1388 p.

26. **Lawrence T, Fowler VR. 2002.** Growth of farm animals, 2da edition. Edit. CAB International.

27. **Nicol A, Kitessa S. 1995.** Compensatory growth in cattle - refs. In: Proceedings of The New Zealand Society Of Animal Production. Conference. New Zealand: Otago University. 55, 157-160 p.

28. **National Research Council.1995.** Nutrients requeriments of the Guinea Pig. En: Nutrients requeriments of laboratory animals. 4 ed. Washintong D.C. National Academy Press. NRC

29. **Manso T, Castro T, Mantecon AR. 1995.** Crecimiento compensatorio en el Ganado ovino. Mundo Ganadero/N.º 7-8/ Julio-agosto. Madrid-España. 7 p.

30. **MINAGRI. 2019.** Potencial del mercado internacional para la carne de cuy. Diario Oficial del Bicentenario “El Peruano”. 14 p.

31. **Moreno A. 1989.** Producción de cuyes. 2da edición. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 128 p.

32. **Ojeda A, Molina F, Carmona D. 2015.** Crecimiento compensatorio una estrategia de manejo de la disponibilidad de pasturas. XI Seminario Manejo y Utilización de Pastos y Forrajes en Sistemas de Producción Animal. Venezuela. 10 p.

33. **Olazábal J, San Martín H, Ara G, Franco F. 2009.** Crecimiento compensatorio de alpacas: efecto de diferentes niveles de restricción energética. Rev. investig. vet. Perú. vol.20, n.2

34. **Parvenaz B, Mirez K, Bernal W. 2018.** Uso de alimento peletizado en crecimiento-engorde de cuyes mejorados (*Cavia porcellus*) en chota. Revista Ciencia Norandina. Volumen 1:2018. 8 p.

35. **Reynaga R. 2018.** Sistemas de alimentación mixta e integral en la etapa de crecimiento de cuyes (*Cavia porcellus*) de las razas Perú, Andina e Inti. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Lima: Univ. Nac. Agraria La Molina. 70 p.
36. **Roca Rey M. 2001.** Evaluación de indicadores productivos de cuyes mejorados procedentes de Cajamarca, Lima y Arequipa. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Lima: Univ. Nac. Agraria La Molina. 113 p.
37. **Ryan WJ. 1990.** Compensatory growth in cattle and sheep. Nutr. Abstr. Rev. (B). 60:653664.
38. **Ryan WJ, Williams IH, Moir RJ. 1993.** Compensatory growth in sheep and cattle. I Growth pattern and feed intake. Aust. J. Agric. Res. 44:16091621.
39. **Sainz R, De la Torre F, Oltjen J. 1995.** Compensatory growth and carcass quality in growth-restricted and re-feed beef steers. J. Anim. Sci. 73: 2971-2979 p.
40. **Santra A, Pathak N. 1999.** Nutrient utilization and compensatory growth in crossbred (*Bos indicus* x *Bos taurus*) calves. J. Anim. Sci. 12: 1285-1291 p.
41. **Solari G. 2010.** Ficha Técnica de Crianza de cuyes. Soluciones Prácticas-ITDG. 7 p.
42. **Solorzano J, Sarria J. 2014.** Crianza, producción y comercialización de cuyes. Ed. Macro. Lima – Perú. 192 p.
43. **Telles R. 2010.** Evaluación de índices productivos en la crianza del cuy (*Cavia porcellus*) en las granjas del valle viejo de Tacna 2009. Tesis de Médico Veterinario y Zootecnista. Tacna: Univ. Nac. Jorge Basadre Grohmann. 63 p.
44. **Tolla N, Mirkena T, Yimegnuhal A. 2003.** Effect of feed restriction on compensatory growth of arsi (*Bos indicus*) Bulls. Animal Feed Science and Technology

45. **Turgeon OA, Brink DR, Bartle SJ, Ferrel CL. 1986.** Effects of Growth Rate and Compensatory Growth on Body Composition in Lambs. *Journal of animal science*. 63: 770-80. 10.2527/jas1986.633770x.
46. **Van Eenaeme C, Evrad M, Hornick JL, Baldwin P, Diez M, Istasse L. 1998.** Nitrogen balance and myofibrillar protein turnover in double muscled Belgian Blue bulls in relation to compensatory growth after different periods of restricted feeding. *Can J Anim Sci*; 78:549 –59.
47. **Vergara V. 2008.** Avances en Nutrición y alimentación de cuyes. En XXXI Reunión científica Anual de la Asoc. peruana de Producción Animal. Lima:APPA.
48. **Vilchez C. 2006.** Resumen de curso: Formulación de raciones al mínimo costo para alimentación de cuyes de exportación. UNALM.
49. **Wilson PN, Osbourn DF. 1960.** Compensatory growth after undernutrition in mammals and birds. *Biol. Rev.* 35:324363.
50. **Yambayamba ES, Price MA, Jones SD. 1996.** Compensatory growth of carcass tissues and visceral organs in beff heifers. *Livestock Production Science* 46:1932 p
51. **Zubair A, Leeson S. 1994.** Efficct of varying periodo f eary nutrient restriction on growth composition and carcass characteristics of male broilers. *Poult. Sci.* 73: 129-136 p.